

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) RU (11) **169 451** (13) U1ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(51) МПК

[G01N 11/16 \(2006.01\)](#)

## (12) ОПИСАНИЕ ПОЛЕЗНОЙ МОДЕЛИ К ПАТЕНТУ

Статус: прекратил действие, но может быть восстановлен (последнее изменение статуса: 27.11.2017)  
 Пошлина: учтена за 1 год с 08.04.2016 по 08.04.2017

(21)(22) Заявка: [2016113660](#), 08.04.2016(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
08.04.2016

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 08.04.2016

(45) Опубликовано: [17.03.2017](#) Бюл. № 8(56) Список документов, цитированных в отчете о  
поиске: RU 2434222 C2, 20.11.2011. RU 69249  
U1, 10.12.2007. RU 2349898 C1, 20.03.2009.  
JP 59015837 A, 26.01.1984.

Адрес для переписки:

620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19,  
УрФУ, Центр интеллектуальной  
собственности, Маркс Т.В.

(72) Автор(ы):

Поводатор Аркадий Моисеевич (RU),  
Цепелев Владимир Степанович (RU),  
Вьюхин Владимир Викторович (RU),  
Конашков Виктор Васильевич (RU)

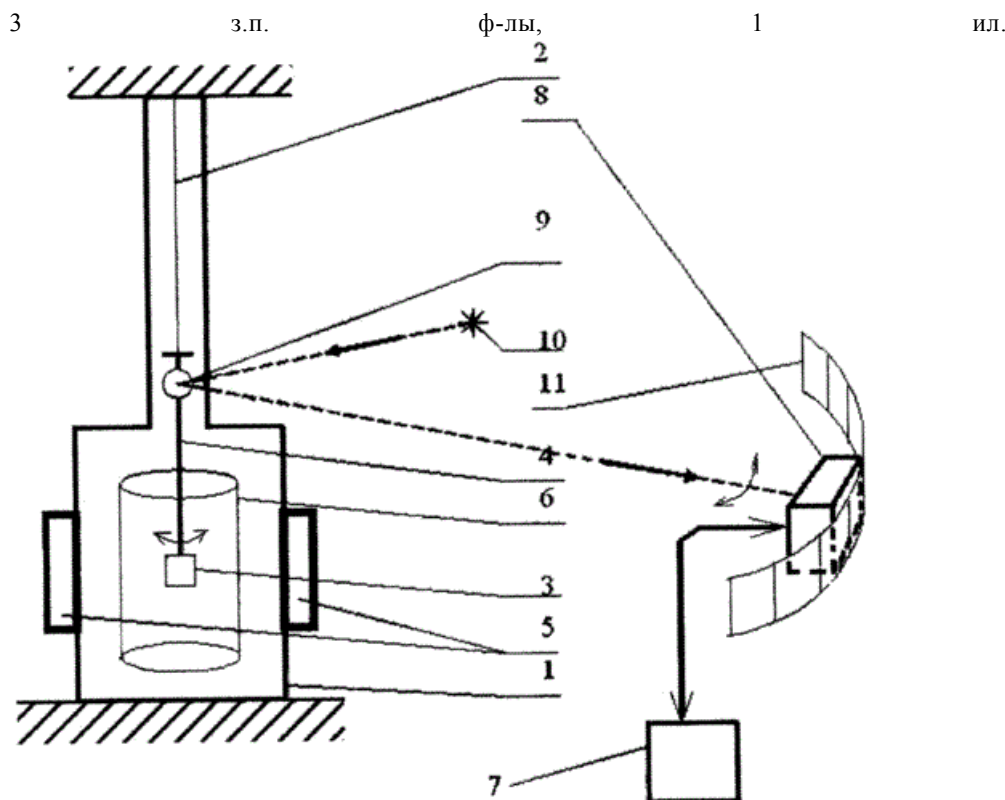
(73) Патентообладатель(и):

федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего  
образования "Уральский федеральный  
университет имени первого Президента  
России Б.Н. Ельцина" (RU)

(54) Устройство для фотометрического изучения свойств металлических расплавов

(57) Реферат:

Заявленное изобретение относится к области для анализа материалов путем фотометрического определения удельного электросопротивления нагреваемого тела в зависимости от температуры. Устройство содержит источник света, зеркало, расположенное на закручиваемой упругой нити, на которой подвешен тигель с шихтой, фотоприемное устройство, отличается тем, что фотоприемное устройство выполнено в виде по меньшей мере одного датчика изображения. Технический результата - повышение точности измерений углов отклонений  $\phi$  отраженного светового луча при изменениях температуры и в конечном итоге, электросопротивления  $\rho$  металлических расплавов, уменьшение габаритов измерительного комплекса, а также расширение его функциональных возможностей.



Фиг. 1

Предлагаемая полезная модель относится к технической физике, а именно - к анализу материалов путем бесконтактного фотометрического определения удельного электросопротивления нагреваемого тела в зависимости от температуры, в частности, к определению удельного электросопротивления металлов и сплавов в жидком состоянии.

Бесконтактное фотометрическое определение параметров металлических жидкостей и расплавов в образце, помещенном в тигель объемом около  $\text{см}^3$ , который подвешен на упругой проволоке внутри вакуумной электропечи, в частности определение удельного электросопротивления  $\rho$  образца способом вращающегося магнитного поля, позволяет проводить анализ материалов и давать рекомендации для получения сплавов с заданными характеристиками на предприятиях. Анализ структурно чувствительного термозависимого параметра в виде удельного электросопротивления  $\rho$ , позволяет выделять в том числе особые температурные точки, в частности гистерезисные характеристики цикла «нагрев-охлаждение».

Известна расчетная формула для сравнительного вычисления удельного электросопротивления  $\rho$  - смотри пат. РФ №2454656:

$$\rho = \rho_0 \left( \frac{m d_0}{m_0 d} \right)^{1,76} \left( \frac{\Phi_0 / I_0^2}{\Phi / I^2} \right),$$

где  $m$   $m_0$  - массы исследуемого и эталонного образцов расплава соответственно;  $d$ ,  $d_0$  - плотности исследуемого и эталонного образцов соответственно;  $\rho_0$  - удельное электросопротивление эталона;  $\Phi$ ,  $\Phi_0$  - углы поворота исследуемого и эталонного образцов соответственно, равные угловому отклонению отраженного светового луча;  $I$ ,  $I_0$  - ток, проходящий по катушкам источника вращающегося постоянного магнитного поля при исследовании образца и эталона соответственно.

Таким образом, для определения  $\rho$  необходимо непрерывное измерение углов отклонений  $\Phi$  отраженного светового луча («зайчика») и построение траектории этих отклонений непосредственно в процессе экспериментов. При этом для обеспечения достоверности, точности и линейности измерений значения  $\Phi$  выбирают равными единицам градусов. Кроме того, точность увеличивают для каждой из температурных точек посредством осуществления двух измерений значения  $\Phi$ . Второе измерение проводят при реверсе направления вращения магнитного поля, а истинный угол  $\Phi$  определяют как среднеарифметический результат обоих измерений.

Известно использование светолучевого осциллографа с непрерывной регистрацией измеряемых параметров на фотобумаге в качестве фоторегистратора и последующем измерении фотоизображения посредством, например, линейки - смотри «Политехнический словарь», М., 1980, с. 350. Недостатком такого устройства является разнесенные по времени эксперименты и получение результатов, а также продолжительное их время обработки.

Известно устройство для бесконтактного измерения вязкости высокотемпературных металлических расплавов, содержащее компьютер, источник света, зеркало, расположенное на закручиваемой упругой нити, на которой подвешен тигель с шихтой, фотоприемное устройство, находящееся на фотоизмерительной линейке - шкале с нулем посередине, по которой колебательно движется отраженный от зеркала световой зайчик, содержащее интегральные фотосенсоры - фотодиоды, зафиксированные на минимальном межцентровом расстоянии (измерительной базе)  $L=6$  мм симметрично относительно центра шкалы, а также электромеханический корректор смещения нулевой линии - смотри пат. РФ №2408002 - аналог. Период колебаний  $T$  упругой нити с зеркалом составляет единицы секунд.

Известно устройство для бесконтактного фотометрического определения характеристик металлических расплавов, содержащее тигель с исследуемым образцом, зеркало, источник света, компьютер, фотоприемное устройство, состоящее из полупрозрачной измерительной линейки и двух фотосенсоров - фотодиодов в центре шкалы, выходная шина которых соединена с компьютером, а также содержащее по меньшей мере две дополнительные пары фотосенсоров - фотодиодов, причем расстояние между парами фотосенсоров одинаковое и в 5-20 раз превышает межцентровое расстояние ( $L \approx 6$  мм) фотосенсоров внутри пары - смотри пат. РФ №2473883 - аналог.

Известно устройство для фотометрического изучения свойств металлических расплавов, содержащий компьютер, источник света, зеркало, расположенное на закручиваемой упругой нити, на которой подвешен тигель с шихтой, фотоприемное устройство, компьютер - смотри пат. РФ №2454656 - прототип.

Недостатками аналогов и прототипа в условиях быстроменяющейся величины углов отклонений  $\phi$  отраженного светового луча являются, во первых, как отмечено выше, размер минимальной измерительной базы фотосенсоров (фотодиодов) фотоприемного устройства, определяемой конструкцией фотосенсоров. При этом происходит последовательная регистрация и компьютерная обработка логических электрических сигналов от каждого из фотосенсоров вследствие наличия/отсутствия его (их) засветки. Это не обеспечивает получения возможности непрерывной регистрации текущих координат траектории светового луча, что ограничивает точность и достоверность измерений углов отклонений  $\phi$  и, в конечном итоге, ограничивает точность и достоверность определения удельного электросопротивления  $\rho$  расплавов. Во-вторых, расстояние  $d$  между зеркалом и фотоприемным устройством, например, при типовом размахе углов отклонений  $\phi$  отраженного светового луча, равном  $\pm (3-7)$  град, составляет не меньше (1-1,5) м для вычисления значений  $\rho$  с требуемой по методике точностью в единицы процентов. Таким образом, измерительный комплекс занимает много места. В-третьих, точность может уменьшаться из-за влияния температурной деформации в конструкции измерительной установки, например, смещений зеркала и/или упругой нити, либо вибрационных артефактов, что требует внесения корректировочных поправок. Вследствие вышеизложенного, приходится использовать аппроксимацию, а именно алгоритмическую компьютерную обработку последовательных дискретных результатов, определяемых засветкой или ее отсутствием каждого фотосенсора - фотодиода для получения приемлемых по точности и достоверности конечных результатов и/или корректировочных поправок. При этом в типовом случае дрейфа нулевой линии ее корректировка может быть затруднена.

Задачей предлагаемой полезной модели является повышение точности измерений углов отклонений  $\phi$  отраженного светового луча в условиях быстроменяющейся измеряемой величины  $\phi$  при изменениях температуры и, в конечном итоге, электросопротивления  $\rho$  металлических расплавов, уменьшение габаритов измерительного комплекса, а также расширение его функциональных возможностей.

Для решения поставленной задачи предлагается полезная модель - устройство для фотометрического изучения свойств металлических расплавов, содержащее источник света, зеркало, расположенное на закручиваемой упругой нити, на которой подвешен тигель с шихтой, фотоприемное устройство, отличающееся тем, что фотоприемное устройство выполнено в виде по меньшей мере одного датчика изображения.

Кроме того, датчик изображения выполнен в виде твердотельного линейного имидж-сенсора.

Кроме того, датчик изображения выполнен в виде твердотельного площадного имидж-сенсора.

Кроме того, датчик изображения выполнен в виде видеокамеры.

Предложенное устройство обеспечивает технический результат - увеличение объема получаемой информации, повышение объективности, достоверности и точности измерений углов отклонений  $\phi$  отраженного светового луча и в конечном итоге, электросопротивления  $\rho$  металлических расплавов, уменьшение габаритов измерительного комплекса, а также расширение его функциональных возможностей. Кроме того, обеспечивается возможность удешевления фотоприемного устройства и упрощения эксперимента.

Предлагаемая полезная модель поясняется чертежом:

фиг. 1 Блок- схема измерительного комплекса.

Измерительный комплекс, блок-схема которого приведена на фиг. 1, содержит вакуумную электропечь 1, в зоне нагрева которой на подвеске 2 коаксиально подвешен тигель 3 для размещения в нем исследуемого металлического образца, соединенный с упругой частью подвески 2 посредством керамического стержня 4. Источник 5 вращающегося магнитного поля, магнитная система которого расположена вокруг вакуумной печи 1, расположен в области высокотемпературной зоны, создаваемой коаксиальным цилиндрическим нагревателем 6, питающимся от трехфазной силовой сети (на фиг. 1 не показано). Компьютер 7 управляет экспериментом и осуществляет все вычисления. Датчик изображения 8 соединен с компьютером 7. Зеркало 9 закреплено на верхнем конце керамического стержня 4. Источник света 10 освещает зеркало 9, отраженный луч которого через стеклянное окно с вертикальной риской (на схеме не показано) в электропечи 1 попадает на датчик изображения 8, закрепленный на измерительной линейке 11, которые совокупно составляют собственно фотоприемное устройство.

В качестве закручиваемой упругой части подвески 2 используется нихромовая нить длиной 650 и диаметром 0,08 мм. Объем образца исследуемого металлического расплава в тигле 3 составляет  $0,5 \text{ см}^3$ . Магнитная система источника 5 вращающегося магнитного поля выполнена в виде катушек статора трехфазного электродвигателя мощностью 650 Вт и запитана от трехфазного стабилизатора питания (на схеме не показан) через переключатель направления вращения магнитного поля (на схеме не показан). Молибденовый нагреватель 6 включен постоянно в течение всего эксперимента. Компьютер 7 выполнен на ноутбуке HP и соединен с датчиком изображения 8. Зеркало 9 имеет площадь  $1 \text{ см}^2$ . Свет попадает на него от источника света 10, например, лампы накаливания или лазерного светодиода, через окно - иллюминатор (на схеме не показано) и отражается на датчик изображения 8, а также симметричную горизонтальную полупрозрачную контрольную оптическую линейку 11 с нулем шкалы посередине, в центре которой зафиксирован датчик изображения 8.

Датчик изображения 8 выполнен в виде микросхемы ПЗС (CCD) - или КМОП (CMOS) - имидж-сенсора, например линейного, предназначенного для промышленного применения, который содержит 12-14-мкм пиксели в количестве от 1024 до 4096 - смотри фрагменты каталогов фирм Hamamatsu Photonics K. K. и Toshiba. Использование площадного датчика, например S7171-0909 фирмы Hamamatsu Photonics K. K. форматом  $512 \times 512$  пикселей целесообразно в случае необходимости корректировки сигналов датчика изображения 8 при смещении нулевого положения отраженного светового луча, например, диаметром в единицах мм (от лазерного источника света 10) не только по горизонтали, но и по вертикали по этому датчику в пределах 3-6 мм. Такое смещение теоретически нельзя исключить, поскольку при высокотемпературных (до  $2000^\circ\text{C}$ ) исследованиях расплавов возможно смещение зеркала 9 вследствие нагрева упругой нити - подвески 2, на которой это зеркало 9 закреплено. При нелазерном источнике света 10, например, в виде лампы накаливания, обладающей большим диаметром отраженного светового пятна, вертикальная метка на нем в виде риски позволяет пренебречь необходимостью вертикальной корректировки. Оптимально выполнение датчика изображения 8 в виде недорогой (5\$) микросхемы линейного ПЗС монохромного имидж-сенсора TCD1201D фирмы Toshiba, который содержит 2048 пикселей размером 14 мкм, с суммарной длиной фоточувствительной базы 28,6 мм, работающего в видимой спектральной области - смотри вышеуказанные фрагменты каталогов, а также [www.DatasheetCatalog.com](http://www.DatasheetCatalog.com). Использование дополнительной оптической фокусирующей системы возможно, но не является обязательным условием использования имидж-сенсора в качестве датчика изображения 8. Расстояние между ним и зеркалом 9 составляет 0,3-0,5 м. Его дальнейшее уменьшение нецелесообразно из-за возрастания теплового нагрева датчика изображения 8 от электропечи 1. Такое расстояние позволяет получить в 2-4 раз меньшую длину оптического пути в сравнении с прототипом и уменьшить габариты измерительного комплекса. Погрешность вышеуказанного имидж-сенсора в качестве датчика изображения 8 составляет менее 0,1 мм. Это по меньшей мере в 5 раз точнее, чем стандартная измерительная линейка 11 с делениями в 1 мм, в  $\approx 50$  раз точнее фотосенсоров, используемых в аналогах и прототипе, что позволяет получить непрерывную, практически без дискретной структуры, регистрацию оптического луча. С учетом вышеизложенного, при анализе траектории светового луча посредством определения текущих номеров засвеченных пикселей, компьютер 7 обеспечивает отображение координат нахождения светового луча даже без специальных аппроксимационных алгоритмов не хуже 0,1 мм. Соответственно, измерение углов отклонений может быть также по меньшей мере в 5 раз точнее в сравнении со стандартной измерительной линейкой 11 при сохранении длины оптического пути в 1 метр. Можно уменьшить длину оптического пути в 5 раз при сохранении точности, аналогичной стандартной измерительной линейке 11.

В случае дрейфа нулевой точки (изолинии, нулевой линии) датчик изображения 8 с вышеуказанным количеством пикселей в сочетании с компьютером 7 позволяет программным способом определять и вводить в процедуру расчетов поправку. Таким образом, предлагаемое устройство обеспечивает расширение функциональных

возможностей за счет использования одного датчика изображения 8 в роли как измерительного, так и корректировочного. При этом его перемещение не требуется.

Количество датчиков изображения 8 в виде имидж-сенсоров может быть выбрано в диапазоне от 1 - смотри фиг. 1 до 3. Это обусловлено амплитудной динамикой углов отклонений  $\phi_i$  отраженного светового луча для исследуемого расплава, обладающего характерными для его состава значениями плотности, массы, термозависимостью удельного электросопротивления  $\rho(t)$ , значениями токов в катушках, создающих вращающееся магнитное поле - смотри вышеприведенную формулу. Например, при сравнительно небольших углах  $\phi_i$  - меньше 5 град, и близком размещении датчика изображения 8 и электропечи 1 с зеркалом 9, т.е. при сравнительно коротком, меньше 0,3 м, пути отраженного светового луча, может быть достаточно одного датчика изображения 8. При длине пути 1 м, в случае изучения высокотемпературных расплавов на основе Fe, Co, Ni и углах  $\phi_{\text{imax}}$  до +/- 20 град., а также несимметричности углов отклонения  $\phi_i$  вправо или влево относительно нулевой точки, которая обусловлена как дрейфом изолинии, так и конструктивными артефактами, оптимально использовать три датчика изображения 8. Один из них центральный - смотри фиг. 1, два других размещают симметрично относительно него на фиксированном угловом расстоянии, характерном для наиболее часто исследуемых расплавов. При этом угол отклонения  $\phi_i$  определяют как среднеарифметическое значение углов отклонения  $\phi_1, 2$  в одну и другую сторону от нулевой линии посередине шкалы для каждой изучаемой температурной точки  $t_i$ . Например, при вышеприведенном случае с длиной пути отраженного светового луча 1 м, высокотемпературных расплавах на основе Fe, Co, Ni и углах  $\phi_{\text{imax}}$  до +/- 20 град., центры этих двух датчиков симметрично размещены на угловом расстоянии  $\phi_{\text{дат}}$  в диапазоне  $\phi_{\text{дат}} = +/- (10-20)$  град.

Кроме того, в случае высококачественного выполнения конструкции исследовательского комплекса, исключения дрейфа изолинии, изучении низкотемпературных расплавов можно использовать два датчика изображения 8 - центральный и один из боковых, либо единственный датчик изображения 8 - боковой или центральный.

Применение в качестве датчика изображения 8 стандартной цифровой видеокамеры, обладающей разрешением, по меньшей мере - несколько мегапикселей и возможностью стоп-кадра, или цифрового фотоаппарата в режиме видеосъемки, позволяет получать в режиме on-line комплект файлов для каждой из температур, с дополнительной возможностью постэкспериментального анализа динамики траекторий светового луча.

Предложенная полезная модель обеспечивает технический результат - увеличение объема получаемой информации, повышение объективности, достоверности и точности измерений углов отклонений  $\phi$  отраженного светового луча и в конечном итоге, электросопротивления  $\rho$  металлических расплавов, уменьшение габаритов измерительного комплекса, а также расширение его функциональных возможностей. Кроме того, обеспечивается возможность удешевления фотоприемного устройства и упрощения эксперимента.

Предложенное техническое решение, содержащее вышеуказанную совокупность ограничительных и отличительных признаков, не выявлено в известном уровне техники, что позволяет считать предложенное техническое решение имеющим уровень полезной модели

#### Формула полезной модели

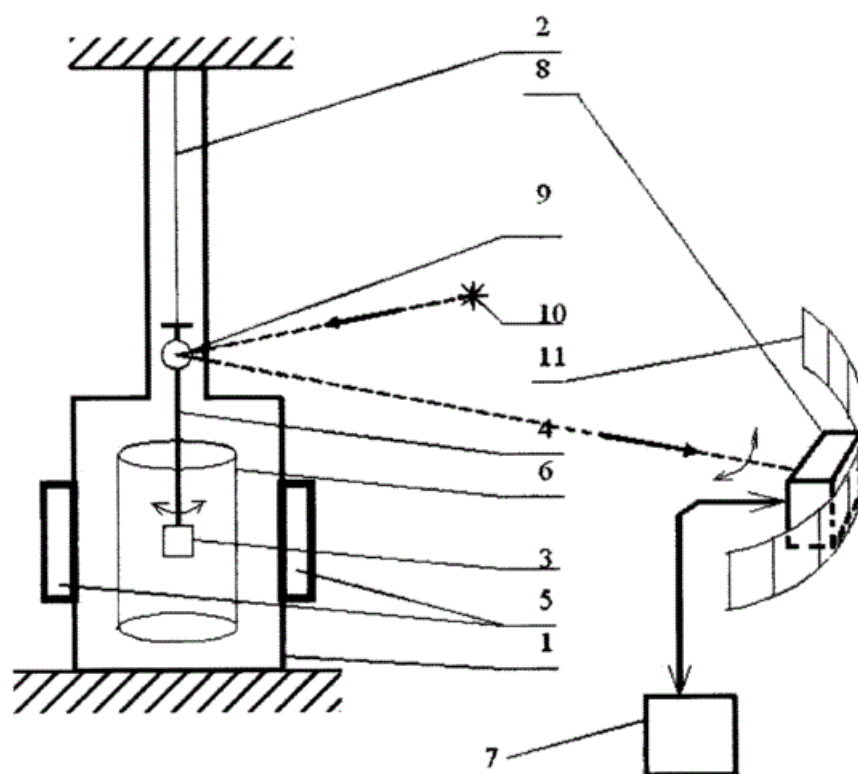
1. Устройство для фотометрического определения удельного электросопротивления металлических расплавов, содержащее источник света, зеркало, расположенное на закручиваемой упругой нити, на которой подвешен тигель с шихтой, фотоприемное устройство, отличающееся тем, что фотоприемное устройство выполнено в виде по меньшей мере одного датчика изображения.

2. Устройство по п. 1, отличающееся тем, что датчик изображения выполнен в виде твердотельного линейного имидж-сенсора.

3. Устройство по п. 1, отличающееся тем, что датчик изображения выполнен в виде твердотельного площадного имидж-сенсора.

4. Устройство по п. 1, отличающееся тем, что датчик изображения выполнен в виде видеокамеры.

Устройство для фотометрического изучения  
свойств металлических расплавов



Фиг. 1

ИЗВЕЩЕНИЯ

ММ1К Досрочное прекращение действия патента из-за неуплаты в установленный срок  
пошлины за поддержание патента в силе

Дата прекращения действия патента: 09.04.2017

Дата внесения записи в Государственный реестр: **22.11.2017**

Дата публикации и номер бюллетеня: [22.11.2017](#) Бюл. №33